(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 205495307 U
(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201521127360.4
(22)申请日 2015.12.29
(73)专利权人 原初科技(北京)有限公司
地址 100085 北京市海淀区安宁庄东路23号5层526号
专利权人 清华大学
(72)发明人 蒋国强 张建涛 于常军 丁海川
(74)专利代理机构 北京成创同维知识产权代理有限公司 11449
代理人 姚远达 刘锋
(51)Int.Cl.
*B01D 53/62*(2006.01)
*B01D 53/78*(2006.01)
*C01B 31/24*(2006.01)
*C01F 11/18*(2006.01)
*C01F 5/24*(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

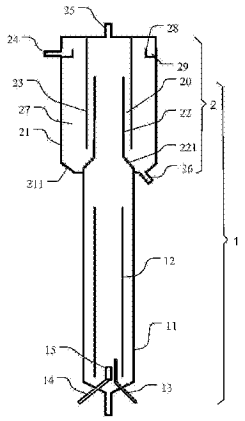
权利要求书1页 说明书8页 附图2页

(54)实用新型名称

一种二氧化碳吸收并矿物化装置

(57)摘要

本实用新型涉及一种二氧化碳吸收并矿物化装置，包括反应器和三相分离器，反应器包括塔体和导流筒，导流筒设置在塔体内部，所述导流筒设置在所述塔体内部，塔体上设置有进液管和进气管，进液管与进气管的出口端均位于导流筒内部；三相分离器设置在反应器的上端。本实用新型在反应器内设置导流筒，反应器内以气升式环流的流动使气液固混合状态更好，固体的碱液溶质的溶解速率提高，从而可提高吸收反应速率和吸收率；反应装置集成了三相分离器，在反应的同时可沉降分离碳酸盐，减小了溶液中的固体含量，同时减小了水在吸收和分离单元的转运，提高了过程效率，减小了过程能耗；生成的碳酸盐的颗粒可得到较好的控制，从而可以获得较高的沉降效率。




CN 205495307 U

1.一种二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，包括反应器(1)和三相分离器(2)，所述反应器(1)竖直设置，所述反应器(1)包括塔体(11)和导流筒(12)，所述导流筒(12)设置在所述塔体(11)内部，所述塔体(11)上设置有进液管(13)和进气管(14)，所述进液管(13)与进气管(14)的出口端均穿过所述塔体(11)并位于所述导流筒(12)的内部；所述三相分离器(2)包括外壳(21)、升液管(22)和降液管(23)，所述外壳(21)的下端连接至所述反应器(1)的上端，所述升液管(22)下端与反应器(1)相连通，上端伸入所述降液管(23)内部，所述降液管(23)下端设有开口，在所述升液管(22)和降液管(23)之间形成降液通道(20)；所述外壳(21)与所述降液管(23)之间形成沉降槽(27)，所述降液通道(20)与沉降槽(27)连通。

2.根据权利要求1所述的二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，所述导流筒(12)上端和下端设置有开口，所述进液管(13)与进气管(14)的出口位于所述导流筒(12)下端的开口内，且所述进液管(13)的出口位于所述进气管(14)的出口上方。

3.根据权利要求2所述的二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，所述进液管(13)的出口处设置有气体分布器(15)。

4.根据权利要求1所述的二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，所述塔体(11)与导流筒(12)均为圆筒形结构，两者的高度比为0.5:1～0.8:1，直径比为0.6:1～0.75:1。

5.根据权利要求1所述的二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，所述导流筒(12)上设置有通孔，所述通孔的面积小于所述导流筒(12)的端面面积的0.4倍。

6.根据权利要求1所述的二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，所述三相分离器(2)包括第一排液管(24)、气体出口(25)和第二排液管(26)，所述第一排液管(24)用于排出三相分离器内的上层液体，所述气体出口(25)用于排出处理后的气体，所述第二排液管(26)用于排出所述三相分离器(2)内的底层液体。

7.根据权利要求6所述的二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，所述第一排液管(24)和第二排液管(26)分别位于所述沉降槽(27)的上部和底部，所述气体出口(25)位于所述外壳(21)的上端。

8.根据权利要求1所述的二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，所述沉降槽(27)沿所述外壳(21)径向上的截面积与所述塔体(11)沿其径向上的截面积之比为1.5:1～4:1。

9.根据权利要求6所述的二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，还包括溢流堰(28)，所述溢流堰(28)沿所述外壳(21)周向设置在其内部，并固定在所述第一排液管(24)的下侧。

10.根据权利要求9所述的二氧化碳吸收并矿物化装置，其特征在于，所述溢流堰(28)与外壳(21)内壁形成开口向上的溢流槽(29)，所述溢流槽(29)开口边缘与升液管(22)上端的高度差为所述升液管(22)直径的0.3～1倍。

# 一种二氧化碳吸收并矿物化装置

## 技术领域

[0001] 本实用新型涉及二氧化碳的矿物化处置的领域，特别是一种二氧化碳吸收并矿物化装置。

## 背景技术

[0002] 收集处置二氧化碳($CO_2$)，以减小温室气体排放，是环境和生态领域内重要的技术问题。目前，$CO_2$的收集处置主要包括地质储存、海洋储存、矿物化储存和生物固碳等。$CO_2$的矿物碳酸化固定是指$CO_2$与含有碱性或碱土金属氧化物的矿石(主要是钙镁硅酸盐的矿石)反应，生成碳酸盐从而被封存的一系列过程。矿物化储存是自然界中$CO_2$的吸收方法，所生成的碳酸盐是碳元素的热力学稳定形式，且对环境无任何影响，因此碳酸化固定是一种最稳定和最安全的固碳方式；并且，自然界中存在多种能够吸收$CO_2$的矿石，储量巨大、价格低廉；因此，、矿物碳酸化固碳是$CO_2$收集处置技术最好的选择。

[0003] 目前，公开报道的$CO_2$的碳酸化固定工艺和技术，包括直接干法气固碳酸化和液相吸收碳酸化。直接干法气固碳酸化采用$CO_2$直接与矿石发生一步气固反应生成碳酸盐的路线。该反应路线反应速率慢，效率低，即使加压来提高反应速率，也很难满足大规模工业吸收的需要。因此，液相吸收碳酸化成为主要的碳酸化固碳技术。

[0004] 液相吸收碳酸化又可分为直接吸收法和间接吸收法。直接吸收法是将钙镁硅酸盐等矿石研磨成细小颗粒后，在液相中和$CO_2$反应生成碳酸盐，其本质的反应和直接干法气固碳酸化没有区别，只是由于在液相中$CO_2$溶解为碳酸，进一步和细小的矿石颗粒反应时，反应的速率得到了大幅提高。矿石的研磨成本非常高，而反应速率仍不能满足大规模吸收的需要，因此该法在经济性和高效性上仍不是最好的选择。

[0005] 间接液相吸收法则将矿石先转化得到碱性溶液或悬浮液(以下简称 碱液)，并在碱液中吸收$CO_2$并形成碳酸盐，进一步分离碳酸盐以封存$CO_2$。该法的两个核心环节是矿石的转化和$CO_2$的吸收。根据所采用的矿物质及其转化得到碱液的路线不同，可以得到不同的工艺路线；而根据吸收反应的体系不同(溶液、悬浮液或乳状液)，吸收反应也有不同的技术方案。关于各种方案的工艺和特点在文章Carbon capture and storage using alkaline industrial wastes(Progress in Energy and Combustion Science,38:302-320)以及A review of mineral carbonation technology in sequestration of CO2(Journal of Petroleum Science and Engineering,109:364-392)中已经详细论述。

[0006] 由于钠盐广泛存在、价格低廉，而NaOH在水中具有很高的溶解度，因此以钠盐为吸收矿物质的工艺首先被提出并实现了工业化。典型的工艺如PCT专利WO2009039445(中国专利CN101970084A)所公开的采用以$NaHCO_3$/$Na_2CO_3$为碳酸盐的工艺。类似的技术还如PCT专利WO2010068924(中国专利CN101896425A)报道的吸收技术。这些专利通常通过电解钠盐(如$Na_2SO_4$)获得NaOH，以NaOH吸收$CO_2$，得到$NaHCO_3$或$Na_2CO_3$。专利WO2009039445同时还公开了吸收所使用的鼓泡塔反应器的设计方法和结构。但是该技术因采用高能耗的电解得到NaOH而使其在经济性上失去竞争力。因为NaOH在水中的溶解度高，因此其吸收过程是溶液中的中

和反应，反应速率快，反应器的设计也相对较为简单。

[0007] 间接液相吸收法的真正意义则在于采用储量巨大而且廉价的钙镁硅酸盐吸收$CO_2$，并最终生成固体状态的$CaCO_3$、$MgCO_3$等碳酸盐。该法一般先将钙镁硅酸盐转化为氧化物并进一步生产碱，然后以碱的悬浮液或乳状液吸收$CO_2$，生成碳酸盐。例如PCT专利WO2013106730(中国专利CN104284707A)公布了一种采用钙硅酸盐，以HCl媒介，以Mg盐为$OH^-$载体的间接路线。这类工艺路线中，$CO_2$的吸收是通过与$Ca(OH)_2$、$Mg(OH)_2$，或者$Mg(OH)_2$和$CaCl_2$的混合物反应，生成碳酸盐实现的。类似的还有以醋酸为媒介的过程。文献Characteristics of CO2 fixation by chemical conversion to carbonate salts (Chemical Engineering Journal,231:287-293)报道了以乙醇胺(MEA)，二乙醇胺(DEA)，或者甲基二乙醇胺(MDEA)为媒介吸收$CO_2$，然后结合$CaCl_2$生成碳酸盐的工艺。在上述这些过程中，都涉及$CO_2$在溶解在液相中并反应生成碳酸盐这一核心过程。$CO_2$的溶解速率，碱性化学品的溶解速率以及碳酸盐的结晶沉降速率都会影响吸收效率，而这些步骤中的任一步骤都可能成为吸收过程的限制步骤，通常以简单的鼓泡方法及鼓泡反应器进行该吸收反应时，$CO_2$的吸收和转化率通常不高。例如，以碱金属氢氧化物吸收转化时，由于这类氢氧化物的溶解度非常低，如果以溶液吸收，则吸收负荷非常低，同时将导致大量水的循环，因此需要以氢氧化物的悬浮液吸收$CO_2$。相关动力学研究表明，氢氧化物的溶解将是以悬浮液吸收过程的限速步骤，其动力学特征与以溶液吸收不同。另一方面，在传统的吸收反应中，吸收和分离分别在不同的单元进行，由于碳酸盐的含量通常不高，这就导致大量的水从吸收到分离单元输送，或者循环，导致能量的消耗。迄今为止，仍然没有针对这种吸收过程专门开发高效、集反应和分离一体化的吸收反应器的公开报道。

## 实用新型内容

[0008] 有鉴于此，本实用新型的目的在于提供一种二氧化碳吸收并矿物化装置，以解决现有技术中存在的上述技术问题。

[0009] 本实用新型提的二氧化碳吸收并矿物化装置，包括反应器和三相分离器，所述反应器竖直设置，所述反应器包括塔体和导流筒，所述导流筒设置在所述塔体内部，所述塔体上设置有进液管和进气管，所述进液管与进气管的出口端均穿过所述塔体并位于所述导流筒的内部；所述三相分离器包括外壳、升液管和降液管，所述外壳的下端连接至所述反应器的上端，所述升液管下端与反应器相连通，上端伸入所述降液管内部，所述降液管下端设有开口，在所述升液管和降液管之间形成降液通道；所述外壳与所述降液管之间形成沉降槽，所述降液通道与沉降槽连通。

[0010] 优选地，所述导流筒上端和下端设置有开口，所述进液管与进气管的出口位于所述导流筒下端的开口内，且所述进液管的出口位于所述进气管的出口上方。

[0011] 优选地，所述进液管的出口处设置有气体分布器。

[0012] 优选地，所述塔体与导流筒均为圆筒形结构，两者的高度比为0.5:1～0.8:1，直径比为0.6:1～0.75:1。

[0013] 优选地，所述导流筒上设置有通孔，所述通孔的面积小于所述导流筒的端面面积的0.4倍。

[0014] 优选地，所述三相分离器包括第一排液管、气体出口和第二排液管，所述第一排液

管用于排出三相分离器内的上层液体，所述气体出口用于排出处理后的气体，所述第二排液管用于排出所述三相分离器内的底层液体。

[0015] 优选地，所述第一排液管和第二排液管分别位于所述沉降槽的上部和底部，所述气体出口位于所述外壳的上端。

[0016] 优选地，所述沉降槽沿所述外壳径向上的截面积与所述塔体沿其径向上的截面积之比为1.5:1～4:1。

[0017] 优选地，还包括溢流堰，所述溢流堰沿所述外壳周向设置在其内部，并固定在所述第一排液管的下侧。

[0018] 优选地，所述溢流堰与外壳内壁形成开口向上的溢流槽，所述溢流槽开口边缘与升液管上端的高度差为所述升液管直径的0.3～1倍。

[0019] 本实用新型提供的二氧化碳吸收并矿物化装置，通过在反应器内设置导流筒，反应器内以气升式环流的流动使气液固混合状态更好，固体的碱液溶质的溶解速率提高，从而可提高宏观吸收反应速率和吸收率；反应装置集成了三相分离器，在反应的同时可沉降分离碳酸盐，减小了溶液中的固体含量，同时减小了水在吸收和分离单元的转运，提高了过程效率，减小了过程能耗；生成的碳酸盐的颗粒可得到较好的控制，从而可以获得较高的沉降效率。

## 附图说明

[0020] 通过以下参照附图对本实用新型实施例的描述，本实用新型的上述以及其他目的、特征和优点将更为清楚，在附图中：

[0021] 图1为本实用新型二氧化碳吸收并矿物化装置结构示意图；

[0022] 图2为利用本实用新型二氧化碳吸收并矿物化装置处理二氧化碳过 程示意图。

## 具体实施方式

[0023] 以下将参照附图更详细地描述本实用新型的各种实施例。在各个附图中，相同的元件采用相同或类似的附图标记来表示。为了清楚起见，附图中的各个部分没有按比例绘制。

[0024] 如图1所示，本实用新型提供的二氧化碳吸收并矿物化装置包括反应器1和三相分离器2，所述反应器1竖直设置，所述三相分离器2设置在所述反应器1的上端，且所述反应器1与三厢分离器2相互连通。

[0025] 如图1所示，所述反应器1包括塔体11、导流筒12、进液管13和进气管14。所述塔体11为筒形结构，优选为圆筒形，其高度与直径比为5:1～9:1，所述导流筒12为上下端均设置开口的筒形，设置在所述塔体11的内部，其高度与所述塔体11的高度比为0.5:1～0.8:1，直径与所述塔体11的直径比为0.6:1～0.75:1，所述导流筒12沿所述塔体11的轴向方向竖直设置，优选地，所述导流筒12与所述塔体11的轴向共线，且所述导流筒12位于下侧的端部靠近所述塔体11的下端；进一步地，所述导流筒12的筒壁上设置有通孔(图中未示出)，所述通孔的面积小于所述导流筒12的端面面积的0.4倍。所述进液管13和进气管14均设置在所述塔体11的下端，且所述进液管13和进气管14的出口端均穿过所述塔体11并位于所述导流筒12下端的开口内，优选地，所述进气管14的出口端位于所述导流筒12的轴向上，且所述进气

管14的出口端与所述导流筒12的下端的高度差不大于所述导流筒12高度的1/8，或者，所述高度差不大于50cm；所述进液管13的出口端高于所述进气管14的出口端。为使气体能够均匀分布，优选地，还设置有气体分布器15，所述气体分布器15设置在所述进气管14的出口端，且所述气体分布器15在竖直方向上位于所述进液管13的出口端下侧。

[0026] 所述三相分离器2包括外壳21、升液管22、降液管23、第一排液管24、气体出口25和第二排液管26，所述外壳21优选为圆筒形结构，所述外壳21与塔体11的直径比为1.5:1～2.5:1，所述外壳21与塔体11的高度比为1:2～1:4，所述外壳21的上为封闭状态，下端设置有外壳连 接部211，所述外壳连接部211为圆筒形结构，且其第一端直径与所述外壳21的直径相同，第二端直径与所述塔体11的直径相同，所述外壳连接部211的第一端和第二端分别连接至所述外壳21和塔体11的外壁上，将所述外壳21与塔体11连接到一起，优选地，所述外壳21与塔体11轴向共线。所述升液管22的直径小于或等于所述塔体11的直径，大于或等于所述导流筒12的直径，其长度小于所述外壳21的长度，所述升液管22通过升液管连接部221连接至所述塔体11的上端，所述升液管连接部221为锥形筒，其第一端直径与所述升液管22直径相同，第二端直径与所述塔体11直径相同，所述升液管连接部221的第一端与第二端分别连接至所述升液管22和塔体11上，将所述升液管22和塔体11连接到一起，优选地，所述升液管22与塔体11轴线共线。所述升液管22的外壁与所述外壳21的内壁之间形成沉降槽27，所述沉降槽27与所述塔体11的容积比为1:1～3:1，所述沉降槽27沿所述外壳21径向上的截面积与所述塔体11沿其径向上的截面积之比为1.5:1～4:1。所述降液管23设置在所述外壳21内，其直径大于所述升液管22的直径，小于所述外壳21的直径，所述降液管23在其径向上的截面积与所述沉降槽27的截面积之比为1:6～1:4，所述降液管23的长度小于所述外壳21的长度，所述降液管23的第一端连接至所述外壳21密封状态的端部，且所述升液管22部分位于所述降液管23内，优选地，所述降液管23与升液管22的轴线共线，所述降液管23与升液管22之间形成有降液通道20，所述降液通道20与所述沉降槽27连通。

[0027] 所述第一排液管24、气体出口25和第二排液管26均设置在所述外壳21上，所述第一排液管24设置在所述外壳21的侧壁上，并位于靠近所述外壳21密封端的位置；所述气体出口25设置在所述外壳21密封端的端面上，且所述气体出口25位于所述降液管23内；所述第二排液管26设置在所述外壳连接部211上。优选地，所述外壳21内还设置有溢流堰28，所述溢流堰28在所述外壳21的内壁上沿其周向设置，所述溢流堰28固定在所述第一排液管24的开口下侧，所述溢流堰28与所述外壳21内壁之间形成开口位于所述上侧的溢流槽29，且所述溢流槽29的开口位于所述升液管22的上侧，且所述溢流槽29的开口边缘与所述升 液管22的上端的高度差为所述升液管22直径的0.3～1倍。

[0028] 本实用新型提供的二氧化碳吸收并矿物化装置将所述反应器1与三相分离器2设置成为一体，既简化了设备，又实现了反应和分离一体化，提高了处理效率，减小了能耗。且所述三相分离器2方便将反应后的气液固三相混合物分离。

[0029] 使用本实用新型提供的二氧化碳吸收并矿物化装置吸收二氧化碳的方法为：

[0030] 如图2所示，首先将碱液通过所述进液管13以一定的流速通入所述塔体11内，待液面高于所述进液管13的出口端时向将还有二氧化碳的待处理气体以一定流量通过所述进气管14通入所述塔体11内。气体中的二氧化碳与碱液发生反应生成碳酸盐，除去二氧化碳的气体在液体中溢出后由所述气体出口25排出；所述塔体11内的液面随着碱液的不断流入

而持续上升，至页面高于所述升液管22时，含有碳酸盐颗粒的液体通过所述降液通道20流入所述沉降槽27内，在所述沉降槽27内经沉降后碳酸盐颗粒沉降到所述沉降槽27的底部，所述沉降槽27上部的上层液体形成清液，下层液体含有碳酸盐，所述碳酸盐由所述第二排液管26排出，并经过进一步浓缩处理后得到固体碳酸盐；所述沉降槽27上部的清夜由所述第一排液管24排出，然后循环至碱液制备系统中，至此完成气液固三相分离。

[0031] 在所述塔体11内，由于所述气体的通入使所述导流筒12内的气液固混合物的平均密度小于所述导流筒12与塔体11之间的混合物密度，在密度差的作用下，可差生如图2中所示的围绕所述导流筒12的环流，这种环流能够提高气液固三相的接触，从而提高二氧化碳的吸收率及碱液中溶质的溶解度。

[0032] 本实用新型中所述的碱液为能够与二氧化碳反应生成不溶的碳酸盐的碱性溶液，优选为过饱和溶液，例如：

[0033] 1、碱液为：钙、镁氢氧化物悬浮液，即氢氧化钙、氢氧化镁以及两者任意比例混合物的悬浮液，其中氢氧化物的含量为其饱和溶解度的1～1500倍；

[0034] 2、碱液为：钙、镁氢氧化物与其盐(盐酸或硫酸盐)混合物的悬浮液，其中氢氧化物的含量为其饱和溶解度的1～1500倍，盐与氢氧化物的物质的量之比为0:1～4:1；

[0035] 3、碱液为：钙镁的弱酸盐的溶液，所含酸根所对应酸的pKa值(273K)大于碳酸的pKa值；

[0036] 4、碱液为：溶解有钙、镁盐(盐酸或硫酸盐)的氨水，氨质量为分数2～20％，盐与氨的物质的量之比为0.2:1～2:1；

[0037] 5、碱液为：乙醇胺，二乙醇胺，或者甲基二乙醇胺水溶液与钙、镁盐(盐酸或硫酸盐)水溶液的混合，乙醇胺，二乙醇胺，或者甲基二乙醇胺质量分数为5～30％，盐与上述醇胺的物质量之比为0.2:1～2:1。

[0038] 当碱液为上述溶液时，碱液的流量为：以氢氧根计、或者以氨计、或者以胺基计的流量(摩尔流量)和二氧化碳的流量(摩尔流量)之比为0.5:1～4:1；若含有弱酸根也可以以弱酸根计的流量(摩尔流量)和二氧化碳的流量(摩尔流量)之比为2:1～10:1。

[0039] 待处理气体包括烟道气等各种以二氧化碳和空气为主要成分的气体，其中二氧化碳的体积含量为0.05％～20％。待处理气体的通气量(以二氧化碳计)为每分钟每单位反应段体积通入0.02～0.2倍单位体积的二氧化碳；以全部体积计算的空塔气速为0.5～8cm/s。吸收和转化反应，可以常压操作，也可以加压操作。

[0040] 下面以具体实施例对本实用新型二氧化碳吸收并矿物化装置进行详细介绍：

[0041] 实施例一：以$Ca(OH)_2$的悬浮液吸收并矿物化二氧化碳

[0042] 本实施例采用的二氧化碳吸收矿物质装置的参数如下：

[0043] 装置总容积65L，其中所述反应器1的容积25L，所述三相分离器2的容积40L(其中所述沉降槽27的容积为34L)。所述塔体11高1160mm，直径为160mm(直径和高度之比为7.25:1)；所述导流筒12高度为1120mm(导流筒12与塔体11高度之比为0.97:1)，直径114mm(与塔体11直径之比为0.72:1)。所述导流筒12距顶部420mm处设置所述通孔，所述通孔面积为导流筒12截面积的27％。

[0044] 所述气体分布器15为微孔分布器，距离所述导流筒12下边沿的距离50mm。所述进液管13位于导流筒12内下部，气体分布器15上方。

[0045] 所述三相分离器2的外壳21直径(内径)为330mm(与塔体11的直径之比为2.1～1);所述外壳21高度为510mm(与塔体11的高度比为1:2.1);所述升液管22的直径为120mm,高280mm;所述降液管23的直径为180mm,高度360mm;所述沉降槽27的截面积与塔体11的截面积之比为3.6:1,所述降液管23截面积和沉降槽27的截面积之比为1:5.6。所述溢流槽29开口位于所述升液管22开口上方,到所述升液管22上沿的距离为80mm,所述溢流堰28高35mm,所述溢流槽29宽20mm。

[0046] 吸收反应在25℃进行,待处理气体为空气和二氧化碳的混合气体,其中二氧化碳的体积分数为10%,待处理气体的流量为10L/min(空塔气速为4.7cm/s)。$Ca(OH)_2$的悬浮液的含量和流量分别按以下三个方案:A)含量为10g/L(相当于饱和溶解度的6.7倍),流量36L/h;B)含量为20g/L(相当于饱和溶解度的13.3倍),流量24L/h;C)含量为50g/L(相当于饱和溶解度的33.3倍),流量为12L/h。二氧化碳的吸收率定义为:

[0047] 吸收率＝(1-排出气体中二氧化碳流量/进入反应器气体中二氧化碳流量)×100%

[0048] 三个方案下,二氧化碳的吸收率和碳酸盐浓液中碳酸盐质量分数如表1所示。

[0049] 表1 以$Ca(OH)_2$的悬浮液吸收$CO_2$的结果

[0050]

| | 方案A | 方案B | 方案C |
|---|---|---|---|
| $CO_2$的吸收率 | 72% | 76% | 74% |
| 碳酸盐质量分数 | 69% | 73% | 65% |

[0051] 实施例二:以$Ca(OH)_2$的悬浮液吸收并矿物化$CO_2$

[0052] 反应装置同实施例一。吸收反应在25℃进行,$Ca(OH)_2$的悬浮液的含量为20g/L;待处理气体为空气和二氧化碳的混合气体,流量为10L/min(空塔气速为4.7cm/s),有二氧化碳的体积分数不同的三个操作方案:A)待处理气体中二氧化碳的体积分数为5%,悬浮液流量12L/h; B)待处理气体中二氧化碳的体积分数为10%,悬浮液流量24L/h;C)待处理气体中二氧化碳的体积分数分别为20%,悬浮液流量48L/h。三个方案下,二氧化碳的吸收率和碳酸盐浓液中碳酸盐的含量如表2所示。

[0053] 表2 以$Ca(OH)_2$的悬浮液吸收$CO_2$的结果

[0054]

| | 方案A | 方案B | 方案C |
|---|---|---|---|
| $CO_2$的吸收率 | 68% | 76% | 72% |
| 碳酸盐质量分数 | 71% | 73% | 64% |

[0055] 实施例三:以$Mg(OH)_2$或$Mg(OH)_2$与$Ca(OH)_2$混合的悬浮液吸收并矿物化二氧化碳

[0056] 反应装置同实施例一。吸收反应在25℃进行,待处理气体为空气和二氧化碳的混合气体,其中二氧化碳的体积分数为10%,待处理气体的流量为10L/min(空塔气速为4.7cm/s)。悬浮液的含量和流量分别按以下三个方案:A)$Mg(OH)_2$含量5g/L(相当于其饱和溶解度的750倍),流量60L/h;B)$Mg(OH)_2$含量为10g/L(相当于饱和溶解度的1500倍),流量36L/h;C)$Mg(OH)_2$含量为10g/L,$Ca(OH)_2$含量为10g/L,总流量为30L/h。三个方案下,二氧化碳的吸收率和碳酸盐浓液中碳酸盐的含量如表3所示。

[0057] 表3以$Mg(OH)_2$或$Mg(OH)_2$与$Ca(OH)_2$的悬浮液吸收$CO_2$的结果

[0058]

| | 方案A | 方案B | 方案C |
|---|---|---|---|
| $CO_2$的吸收率 | 70% | 72% | 76% |
| 碳酸盐质量分数 | 72% | 71% | 69% |

[0059] 实施例四:以$CaCl_2$和$Mg(OH)_2$的悬浮液吸收并矿物化$CO_2$

[0060] 反应装置同实施例一。吸收反应在25℃进行,待处理气体为空气和二氧化碳的混合气体,其中二氧化碳的体积分数为10%,待处理气体的流量为10L/min(空塔气速为4.7cm/s)。悬浮液的流量为60L/h,组成有以下三个方案:A)悬浮液中$Mg(OH)_2$的含量为5g/L,$CaCl_2$的含量为15g/L,流量为60L/h;B)悬浮液中$Mg(OH)_2$的含量为5g/L,$CaCl_2$的含量为20g/L, 流量为60L/h;C)悬浮液中$Mg(OH)_2$的含量为10g/L,$CaCl_2$的含量为30g/L,流量为26L/h;三个方案下,二氧化碳的吸收率和碳酸盐浓液中碳酸盐的含量如表4所示。

[0061] 表4 以$Mg(OH)_2$与$CaCl_2$的悬浮液吸收$CO_2$的结果

[0062]

| | 方案A | 方案B | 方案C |
|---|---|---|---|
| $CO_2$的吸收率 | 68% | 66% | 70% |
| 碳酸盐质量分数 | 72% | 76% | 71% |

[0063] 实施例五:以$CaCl_2$和$Mg(OH)_2$的悬浮液吸收并矿物化$CO_2$

[0064] 本实施例采用的反应装置结构参数如下:

[0065] 装置总容积246L,其中所述反应器1容积104L,所述三相分离器2容积142L(其中沉降槽27的容积为125L)。塔体11高2100mm,直径为250mm(直径和高度之比为8.4:1);所述导流筒12高度为1800mm(导流筒12与塔体11高度之比为0.85:1),所述导流筒12直径180mm,所述导流筒12距顶部740mm处设置所述通孔,所述通孔面积为导流筒12截面积的32%。

[0066] 所述气体分布器15为微孔分布器,距离所述导流筒12下边沿的距离100mm。

[0067] 所述三相分离器2的外壳21直径(内径)为480mm(与塔体11的直径之比为2.1～1);所述外壳21高度为840mm(与塔体11的高度比为1:2.5);所述升液管22的直径为200mm,高580mm;所述降液管23的直径为280mm,高度500mm;所述沉降槽27的截面积与塔体11的截面积之比为3.0:1,所述降液管23截面积和沉降槽27的截面积之比为1:5。所述溢流槽29开口位于升液管22开口上方,到升液管22上沿的距离为100mm,所述溢流堰28高50mm,所述溢流槽29宽50mm。

[0068] 吸收反应在25℃进行,待处理气体为空气和二氧化碳的混合气体,其中二氧化碳的体积分数为10%,待处理气体的流量为29L/min(空塔气速为5.9cm/s)。悬浮液中$Mg(OH)_2$的含量为10g/L,$CaCl_2$的含量为30g/L,悬浮液的流量为90L/h。此条件下二氧化碳的吸收率为73%,碳酸盐浓 液中$CaCO_3$的质量分数为62%,$MgCO_3$的质量分数为6%。

[0069] 实施例六:以甲基二乙醇胺(MDEA)溶液和$CaCl_2$溶液吸收并矿物化二氧化碳

[0070] 反应装置同实施例一。吸收反应在25℃进行,待处理气体为空气和二氧化碳的混合气体,其中二氧化碳的体积分数为15%,待处理气体的流量为10L/min(空塔气速为4.7cm/s)。甲基二乙醇胺溶液的质量分数为10%,流量为18L/h;$CaCl_2$溶液的质量分数为20%,流量为2.5L/h。此条件下二氧化碳的吸收率为88%,吸收的二氧化碳转化为$CaCO_3$的转化率为89%,$CaCO_3$浓液中的$CaCO_3$的质量分数为62%。

[0071] 实施例七:以醋酸钙吸收$CO_2$

[0072] 反应装置同实施例一。吸收反应在40℃进行,反应器内压力为0.3MPa(表压)待处理气体为氮气和二氧化碳的混合气体,其中二氧化碳的体积分数为15%,待处理气体的流量为8L/min(标况)。吸收液为醋酸钙$Ca(CH_3COO)_2$溶液,含量为180g/L,流量为12L/h。此条件下二氧化碳的吸收率为65%,$CaCO_3$浓液中的$CaCO_3$的质量分数为59%。

[0073] 应当说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。

[0074] 最后应说明的是:显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明本实用新型所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引申出的显而易见的变化或变动仍处于本实用新型的保护范围之中。

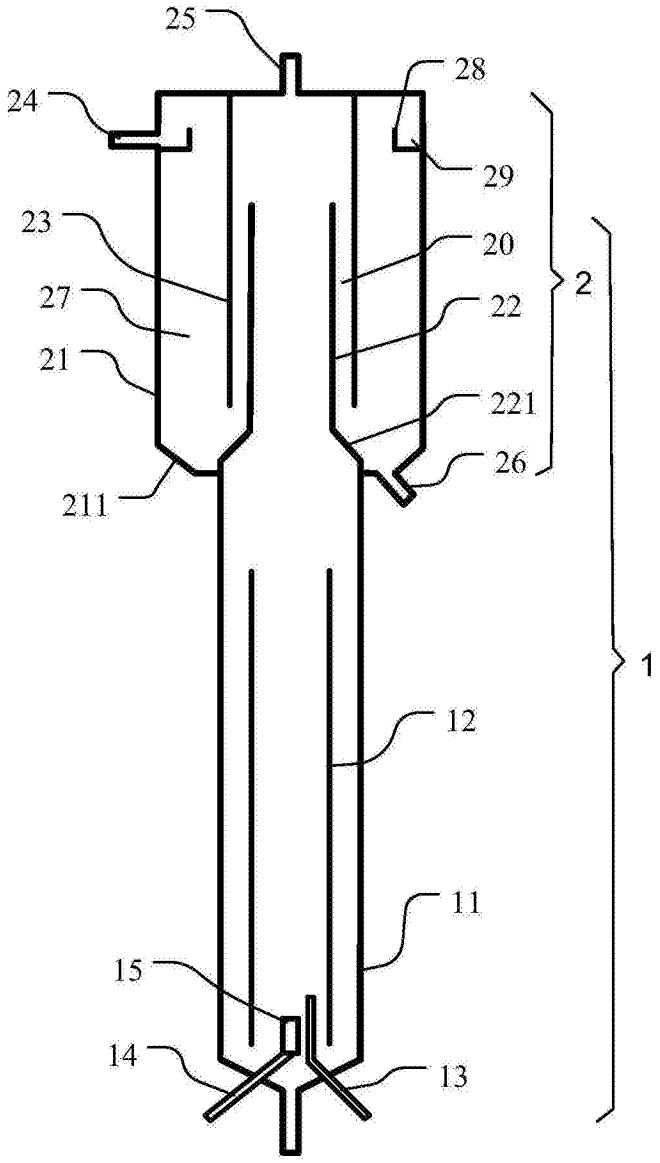



图1

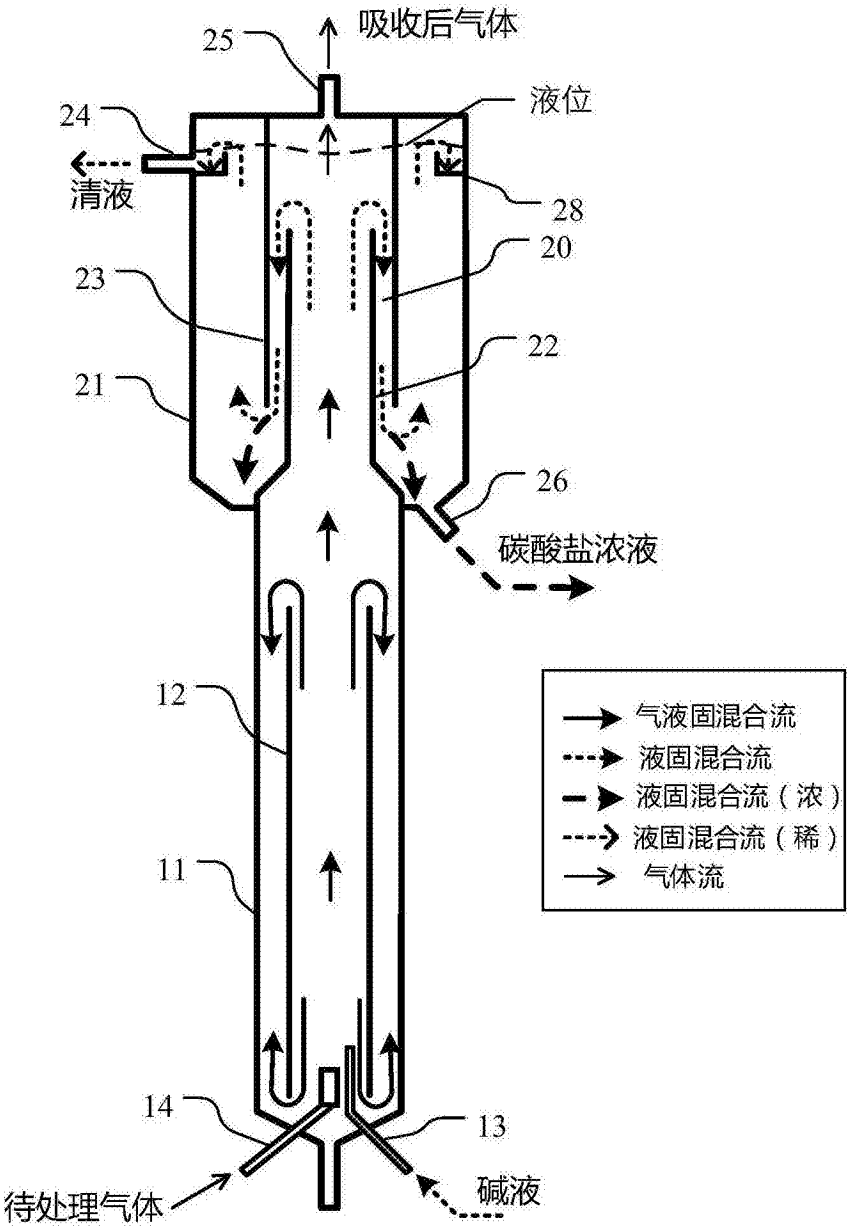

吸收后气体
25
液位
24
清液
28
20
23
22
21
26
碳酸盐浓液
12
11
14
13
待处理气体
碱液
气液固混合流
液固混合流
液固混合流（浓）
液固混合流（稀）
气体流

图2